

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-296823

(43) 公開日 平成11年(1999)10月29日

USP 630 1088

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G11B 5/39  
G01R 33/09  
H01F 10/00  
H01L 43/08

識別記号

F I  
G11B 5/39  
H01F 10/00  
H01L 43/08 Z  
G01R 33/06 R

審査請求 有 請求項の数16 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願平10-97323

(22) 出願日 平成10年(1998)4月9日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 中田 正文

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

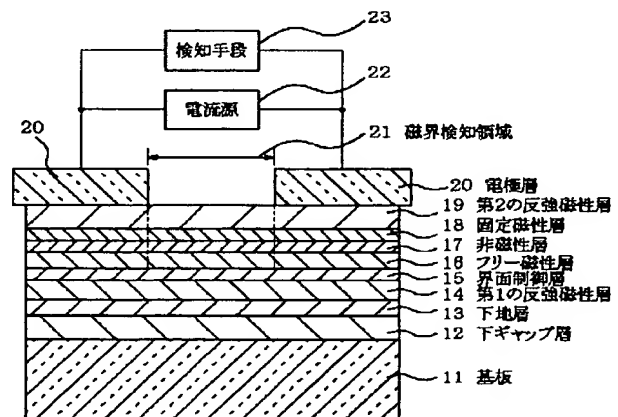
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその製造方法、ならびに磁気抵抗効果センサ、磁気記録システム

(57) 【要約】

【課題】 熱安定性が高く、磁界測定時のノイズの小さく、再生出力の大きなMRセンサおよびその製造方法、ならびに磁気記録システムを実現する。

【解決手段】 下ギャップ上に下地層、第1の反強磁性層、界面制御層、フリー磁性層、非磁性層、固定磁性層、第2の反強磁性層が順次積層してなる多層膜を有し、前記界面制御層を介した前記第1の反強磁性層の交換結合磁界により前記フリー磁性層の磁気異方性が前記多層膜の膜面に平行方向（トラック幅方向）に向き、かつ前記第2の反強磁性層の交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気異方性が前記多層膜の厚さ（高さ）方向に向く。ここで、第1の反強磁性層の交換結合磁界が発生する上限の温度（ブロッキング温度）を $T_{B1}$ 、第2の反強磁性層のブロッキング温度を $T_{B2}$ とすると、 $T_{B1} > 150^\circ\text{C}$ 、 $|T_{B1} - T_{B2}| > 50^\circ\text{C}$ である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の反強磁性層、界面制御層、フリー磁性層、非磁性層、固定磁性層、第2の反強磁性層が順次積層してなる多層膜を有し、前記界面制御層を介した前記第1の反強磁性層の交換結合磁界により前記フリー磁性層の磁気異方性が前記多層膜の膜面に平行方向（トラック幅方向）に向き、かつ前記第2の反強磁性層の交換結合磁界により前記固定磁性層の磁気異方性が前記多層膜の厚さ（高さ）方向に向くことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 請求項1記載の磁気抵抗効果素子において、第1の反強磁性層をバイアス強磁性層に代えたことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 第1の反強磁性層の交換結合磁界の発生する上限の温度（ブロッキング温度）を $T_{B1}$ 、第2の反強磁性層のブロッキング温度を $T_{B2}$ とすると、

$$T_{B1} > 150^{\circ}\text{C}$$

$$|T_{B2} - T_{B1}| > 50^{\circ}\text{C}$$

であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 第1の反強磁性層もしくはバイアス強磁性層の発生する交換結合磁界を $H_{E1}$ 、第2の反強磁性層の発生する交換結合磁界を $H_{E2}$ とすると、

$$H_{E1} > 10 \text{ エルステッド}$$

$$H_{E2} > 200 \text{ エルステッド}$$

であることを特徴とする請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 第1の反強磁性層および第2の反強磁性層が、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （酸化鉄）、 $\text{NiO}$ （酸化ニッケル）、 $\text{Fe-Mn}$ （鉄-マンガン）合金、 $\text{Ni-Mn}$ （ニッケル-マンガン）合金、 $\text{Pt-Mn}$ （白金-マンガン）合金、 $\text{Ir-Mn}$ （イリジウム-マンガン）合金、 $\text{Rh-Mn}$ （ロジウム-マンガン）合金、 $\text{Ru-Mn}$ （ルテニウム-マンガン）合金、 $\text{Cr-Al}$ （クロム-アルミニウム）合金のいずれか1種類、もしくは2種類以上の合金、またはそれらの2層膜から構成されることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 界面制御層が、非磁性金属である $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Re}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Pr}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Dy}$ 、 $\text{Ho}$ 、 $\text{Er}$ もしくはその酸化物、またはそれらの合金から構成されることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 界面制御層が、磁性金属である $\text{Fe}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ の酸化物もしくはそれらの複合酸化物から構成されることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 界面制御層の厚さを $t$ とすると、 $1 \text{ nm} \leq t \leq 10 \text{ nm}$

であることを特徴とする請求項7記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 フリー磁性層および固定磁性層が、 $\text{Co}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Ni}$ もしくはそれらの合金からなる群から選択された材料からなることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 フリー磁性層および固定磁性層が、非磁性層に隣接する境界面に、 $\text{Co}$ 膜もしくは $\text{Co-Fe}$ 膜を含むことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 請求項1から10のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗効果センサであって、基板上に順次積層されたパターン化されたシールド層、下ギャップ、前記磁気抵抗効果素子と、この磁気抵抗効果素子の上部に1部重なるように積層された電極層と、さらにその上に順次積層された上ギャップ層、上シールド層とを備えてなることを特徴とする磁気抵抗効果センサ。

【請求項12】 電極層が、磁気抵抗効果素子の端部に接するように形成されていることを特徴とする請求項11記載のシールド型磁気抵抗効果センサ。

【請求項13】 電極層が、磁気抵抗効果素子の上部に接して所定の幅（トラック幅）を開けた両側部分に形成されていることを特徴とする請求項11記載の磁気抵抗効果センサ。

【請求項14】 請求項1、3から10のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子の製造方法であって、トラック幅方向に磁界を印可しながら第1の反強磁性層のブロッキング温度 $T_{B1}$ 以上で熱処理する工程を含むことを特徴とする磁気抵抗効果センサの製造方法。

【請求項15】 請求項2、4から10のいずれか1項記載の磁気抵抗効果素子の製造方法であって、トラック幅方向にバイアス強磁性層の保磁力以上の磁界を印可する工程を含むことを特徴とする磁気抵抗効果センサの製造方法。

【請求項16】 データを記録するための複数のトラックを有する磁気記録媒体と、前記トラック上を横切った際にこのトラックに記録された磁気データから発生する磁界に応じた磁気抵抗を検出する検出手段を含む磁気変換器と、この磁気変換器に結合され前記磁気変換器を前記磁気記録媒体の選択されたトラックへ移動させるアクチュエータ手段とを備え、前記磁気記録媒体と前記磁気変換器とが相対運動中に近接した間隔に維持される磁気記録システムにおいて、前記検出手段が、請求項11から13のいずれか1項記載の磁気抵抗効果センサであることを特徴とする磁気記録システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録再生装置やその他の磁気検出装置に搭載される磁気抵抗効果センサに関わり、特に固定磁性層の磁化方向と外部磁界の影響を受けるフリー磁性層の磁化方向の変化との関係で電気抵抗値が変化するいわゆるスピバルブ方式の磁気抵抗効果センサおよびその製造法、ならびにそれを用いた磁気記録システムに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、磁気抵抗効果センサ（以下、MRセンサという）または磁気抵抗効果型ヘッド（以下、MRヘッドという）と呼ばれる磁気読み取り変換器に関する技術が開示されており、これは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取れることが判っている。このMRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと、方向の関数としての抵抗変化を介して磁界信号を検出している。

【0003】こうした従来技術によるMRセンサは、読み取り素子の抵抗の1成分が、磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向との間のなす角度の余弦の2乗に比例して変化する異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。このAMR効果の詳細な説明に関しては、例えば、D. A. トムソン（Thompson）等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p.1039(1975)に述べられている。

【0004】さらに最近では、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での伝導電子のスピ依存性伝導、およびそれに付随する層界面でのスピ依存性散乱に帰されるより、顕著な磁気抵抗効果が記載されている。この磁気抵抗効果は、巨大磁気抵抗効果（GMR）やスピ・バルブ効果など様々な名称で呼ばれている。

【0005】このような磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という）は適当な材料でできており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された一対の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化する。

【0006】また、1988年6月に優先権主張されている特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高い磁気抵抗変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。この積層構造で使用可能な材料として、前記公報には強磁性の遷移金属および合金が挙げられている。また、中間層により分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に、反強磁性層を付加した構造および反強磁性層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0007】続いて、1990年12月11日に優先権主張されている特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界がゼロである場合に、2つの

強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、センサ中を通る電流の方向とは独立なMRセンサが開示されている。

【0008】さらに、1992年8月28日に優先権主張されている特開平6-203340号公報には、非磁性金属材料の薄膜層で分離された2つの強磁性体の薄膜層を含み、外部印加磁界がゼロのとき、隣接する反強磁性体層の磁化が他方の強磁性体層に対して垂直に保たれる上記の効果に基づくMRセンサが開示されている。

【0009】MRセンサのノイズを低減するためには、外部磁界により磁化方向を変化させるフリー磁性層の磁化方向変化が、ヒステリシスを持たず連続的であることが重要である。このため、フリー磁性層に実効的な外部磁界を加えて単磁区化することが行われている。

【0010】また、1997年3月18日に優先権主張されている特開平9-73611号公報には、反強磁性層はフリー磁性層の下側に位置し、所定のトラック幅を開けた両側部分で前記反強磁性層とフリー磁性層が密着し、フリー磁性層の磁化方向を揃えるMRヘッドが開示されている。ここでは、反強磁性層に密着した部分のフリー磁性層に交換結合磁界が発生し、密着した部分のフリー磁性層の磁化方向は固定され、固定された部分と連続した磁界感知部のフリー磁性層も単磁区化されるとしている。

【0011】図2は、従来のMRセンサの一例を示す部分断面図である。このMRセンサに対する外部磁界はX方向である。図2を参照すると、MRセンサは、基板31上に下ギャップ層32を積層する。続いて、下地層33の上にフリー磁性層34を積層し、非磁性層35、固定磁性層36、反強磁性層37を順次積層して形成する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】スピバルブ構造を用いたMRセンサは、反強磁性層により固定磁性層の磁化方向を固定する必要があるが、一般にFe-Mn, NiO, Ni-Mn, Pt-Mn合金が用いられている。FeMn, NiO膜は作製が容易であり、広く反強磁性層として用いられてきていたが、ブロッキング温度が200℃以下と低いと、熱安定性が低いという欠点がある。

【0013】また、Ni-Mn合金等のブロッキング温度が300℃以上の反強磁性層では、MRセンサとして十分な熱安定性を有するが、所期の方向に交換結合磁界を発生するためには、200℃以上の磁界中熱処理を必要とする。この磁界中熱処理によりフリー磁性層の磁気異方性が影響され、電気抵抗-磁界曲線（以下、R-H曲線という）にヒステリシスが生じ、磁界測定時にノイズが発生するという欠点がある。

【0014】本発明は、このような問題点を解決するべ

くなされたものであって、熱安定性が高く、磁界測定時におけるノイズの小さいMRセンサおよびその製造方法、ならびに磁気記録システムを提供することにある。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】第1の反強磁性層もしくはバイアス強磁性層、界面制御層、フリー磁性層、非磁性層、固定磁性層、第2の反強磁性層が順次積層され、界面制御層を介した第1の反強磁性層の交換結合磁界によりフリー磁性層の磁気異方性がトラック幅方向に向き、第2の反強磁性層の交換結合磁界により固定磁性層の磁気異方性がMR高さ方向に向く。

【0016】ここで、第1の反強磁性層が交換結合磁界の発生する上限の温度（ブロッキング温度）を $T_{B1}$ 、第2の反強磁性層のブロッキング温度を $T_{B2}$ とすると、 $T_{B1} > 150^\circ\text{C}$ 、 $T_{B2} - T_{B1} > 50^\circ\text{C}$ であり、また、第1の反強磁性層もしくはバイアス強磁性層の発生する交換結合磁界を $H_{E1}$ 、第2の反強磁性層の発生する交換結合磁界を $H_{E2}$ とすると、 $H_{E1} > 10$ エルステッド（以下、Oeと記す）、 $H_{E2} > 200$ Oeである。

【0017】また、この第1および第2の反強磁性層が、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （酸化鉄）、 $\text{NiO}$ （酸化ニッケル）、 $\text{Fe-Mn}$ （鉄-マンガン）合金、 $\text{Ni-Mn}$ （ニッケル-マンガン）合金、 $\text{Pt-Mn}$ （白金-マンガン）合金、 $\text{Ir-Mn}$ （イリジウム-マンガン）合金、 $\text{Rh-Mn}$ （ロジウム-マンガン）合金、 $\text{Ru-Mn}$ （ルテニウム-マンガン）合金、 $\text{Cr-Al}$ （クロム-アルミニウム）合金のいずれか1種類もしくは2種類以上の合金、またはそれらの2層膜から構成される。

【0018】さらに、界面制御層が、非磁性金属である $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Re}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Pr}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Dy}$ 、 $\text{Ho}$ 、 $\text{Er}$ もしくはその酸化物、またはその合金、さらには磁性金属である $\text{Fe}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ の酸化物もしくはそれらの複合酸化物から構成される。

【0019】フリー磁性層と固定磁性層が $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ もしくはそれらの合金からなる群から選択された材料からなる。また、これらの磁性層が非磁性層に隣接する境界面に薄い $\text{Co}$ 膜もしくは $\text{Co-Fe}$ 膜を含んでもよく、さらに、この非磁性層は、金、銀、銅もしくは金、銀、銅の合金からなる群から選択された材料を含んでもよい。

【0020】そして、上記のMRセンサでは、磁界をトラック幅方向に印可し、第1の反強磁性層のブロッキング温度 $T_{B1}$ 以上で熱処理する工程を含む作製プロセスを用いる。

【0021】スピンバルブ方式のMRセンサでは、フリー磁性層の磁気異方性は、外部磁界方向と直交したトラック幅方向（図2に示すY方向）を向き、かつ固定磁性

層の磁気異方性方向は、Y方向と垂直をなすMR高さ方向（図2に示すZ方向）を向くことが、高出力で低ノイズを実現するために重要である。また、磁気抵抗効果センサのノイズは、外部磁界により磁化方向を変化させるフリー磁性層の磁気異方性方向と相関がある。

【0022】次に、磁気異方性方向がMR高さ方向の場合は、磁気異方性方向と外部磁界方向とは平行であり、磁化方向の動きはヒステリシスを発生する磁区移動モードである。また、磁気異方性方向がトラック幅方向の場合は、磁気異方性方向と外部磁界方向は直交し、磁化方向の動きはヒステリシスを発生しない磁化回転モードである。

【0023】フリー磁性層の磁気異方性は、成膜中の磁界により誘起させる誘導磁気異方性である。この磁気異方性は、所期の方向に固定層の交換結合磁界を発生するために必要な $200^\circ\text{C}$ 以上の磁界中熱処理を施すことにより、容易に磁界方向に磁気異方性の方向を変化させる。

【0024】このため、スピンバルブ方式のMRセンサの製造工程で必須となる固定層の磁界中熱処理により、磁気異方性方向は必ずMR高さ方向になり、ノイズ増加の原因となる。また、固定層の磁気異方性方向を回転させず所期の方向に向けたまま、フリー磁性層の磁気異方性方向をそれと直交させるには、固定層の熱処理温度よりも $50^\circ\text{C}$ 以下の温度でフリー磁性層の磁気異方性を回転させる必要がある。

【0025】そして、反強磁性層もしくは保磁力の大きな強磁性層をフリー磁性層に全面接触させることで、誘導磁気異方性よりも大きな交換結合磁界をフリー磁性層に作用させることができる。この交換結合磁界の大きさは磁界センサの感度を定めるものであり、その制御がきわめて重要であるが、これは反強磁性層と強磁性層との間に薄い非磁性金属からなる界面制御層を積層することにより、交換結合磁界を容易に制御できる。

【0026】そこで本発明では、下から順に積層された第1の反強磁性層、界面制御層、フリー磁性層、トンネルバリア層、固定磁性層、第2の反強磁性層を有し、前記フリー磁性層が前記界面制御層を介して全面で前記第1の反強磁性層が密着しており、前記第1の反強磁性層の交換結合磁界により前記フリー磁性層の磁気異方性がトラック幅方向に向き、前記第2の反強磁性層の交換結合磁界により、固定磁性層の磁気異方性がMR高さ方向に向くことを特徴とする。

【0027】また、界面制御層の膜厚 $t$ を、 $1\text{nm} \leq t \leq 10\text{nm}$ の範囲にすることにより、交換結合磁界はMRセンサに適した値をとる。さらに、前記第1の反強磁性層をバイアス強磁性層としても、交換結合磁界をフリー磁性層に作用することができ、同様の効果を有する。この場合、バイアス強磁性層の保磁力以上の磁界をトラック幅方向に印可する工程により、フリー磁性層に作用

する磁気異方性はヒステリシスの少ないトラック幅方向となる。

【0028】このフリー磁性層のブロック温度 $T_{B1}$ を固定層の磁界中熱処理よりも50℃低くすることにより、磁界をトラック幅方向に印可し、反強磁性層のブロック温度 $T_{B1}$ の直上で熱処理する工程固定層の異方性方向を所期の方向に向けたまま、フリー磁性層の異方性方向をそれと直交させることができる。

【0029】MRセンサの代表的な応用例である磁気ディスク装置では、動作温度が100℃程度になるため、動作の安定性を得るためには、 $T_{B1} > 150℃$ となる必要がある。また、この反強磁性層の発生する交換結合磁界 $H_{ex1}$ は、フリー磁性層の誘導磁気異方性よりも十分大きい必要があり、 $H_{ex1} > 100\text{Oe}$ が望ましい。

【0030】

【発明の実施の形態】次に、本発明について図面を参照して説明する。図1は、本発明の磁気抵抗効果(MR)センサの一実施の形態を示す部分断面図である。このMRセンサに対する外部磁界はX方向である。

【0031】図1を参照すると、本発明のMRセンサは、基板11上に下ギャップ層12を積層する。続いて、下地層13の上に第1の反強磁性層14、界面制御層15、フリー磁性層16を積層し、さらに非磁性層17、固定磁性層18、第2の反強磁性層19を順次積層してMRセンサを形成する。

【0032】MRセンサの上部に接して、所定の磁界検知領域21を開けた両側部分に電極層20が形成されている。そして、この電極層20は、電流源22と検出手段23との間に回路パスを形成する。

【0033】第1の反強磁性層14および第2の反強磁性層19には、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (酸化鉄)、NiO (酸化ニッケル)、Fe-Mn (鉄-マンガン) 合金、Ni-Mn (ニッケル-マンガン) 合金、Pt-Mn (白金-マンガン) 合金、Ir-Mn (イリジウム-マンガン) 合金、Rh-Mn (ロジウム-マンガン) 合金、Ru-Mn (ルテニウム-マンガン) 合金、Cr-Al (クロム-アルミニウム) 合金のいずれか、もしくは2種類以上の合金、またはそれらの2層膜がそれぞれ適用可能である。

【0034】また、界面制御層15には、非磁性金属であるAl, Ti, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Pt, Au, Pb, Bi, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Erもしくはそれらの酸化物またはそれらの合金、および磁性金属であるNi, Fe, Coの酸化物もしくはそれらの複合酸化物を用いることができる。

【0035】さらに、フリー磁性層16および固定磁性層18には、NiFe, NiFeCo, CoZr系材料, FeCoB, センダスト, 窒化鉄系材料, FeCo

等を用いることができる。また、フリー磁性層16、固定磁性層18と非磁性層17に隣接する薄いCo膜、CoFe膜を含むことも可能である。さらに、非磁性層17としては、金、銀、銅、および金、銀、銅の合金を用いることができる。

【0036】このようにして作製されたMRセンサは、一般に磁気記録システムに用いられるが、この磁気記録システムは、データを記録するための複数のトラックを有する磁気記録媒体と、トラック上を横切った際にこのトラックに記録された磁気データから発生する磁界に応じた磁気抵抗を検出する検出手段を含む磁気変換器と、この磁気変換器に結合され磁気変換器を磁気記録媒体の選択されたトラックへ移動させるアクチュエータ手段とを含み、磁気記録媒体と磁気変換器とが相対運動中に近接した間隔に維持されるように構成されており、本発明のMRセンサは前記磁気検出器の検出手段として用いることができる。

【0037】

【実施例】次に、本発明のMRセンサの具体的な実施例について図面を参照して説明する。図3は、第1の反強磁性層層としてNiOを30nm、界面制御層としてCuを1nm用いたスピバルブ方式によるMR素子のR-H曲線である。この場合の構成は、NiO (30nm) / Cu (1nm) / NiFe (8nm) / Cu (2.5nm) / CoFe (3nm) / NiMn (30nm) である。ここで、カッコ内の数値はそれぞれ膜厚を示す。

【0038】そして、NiOの成膜には、焼結体ターゲットを用いたRFスパッタ法を用いた。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは200Wで行った。また、Cu, NiFe, CoFeの成膜は、DCマグネトロンスパッタ法で行った。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは、Cuは7W, NiFeとCoFeは35Wで行った。さらに、NiMnの成膜には、合金ターゲットを用いたRFスパッタ法を用いた。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは100Wで行った。

【0039】このようにして作製したスピバルブ膜には2工程の磁界中熱処理を施した。まず、固定磁性層の着磁工程として270℃、磁界はMR高さ方向に3kOeで5時間の磁界中熱処理を施した。次に、フリー磁性層の着磁工程として200℃、磁界はトラック幅方向に50Oeで1分間の磁界中熱処理を施した。そして、熱処理後に $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ の形状に加工し、トラック幅方向に金電極を形成した。

【0040】このMR素子は測定の結果、ヒステリシスのない正常なMR曲線が得られた。また、フリー磁性層の着磁工程を行わない場合には、ヒステリシスが大きなR-H曲線となり、MRセンサとしての応用はできないことが判った。

【0041】次に、図4に、比較のために第1の反強磁性層と界面制御層を用いない通常のスピバルブ方式によるMR素子のR-H曲線を示す。

【0042】このMRセンサは、第1の反強磁性層と界面制御層を備えておらず、それ以外は上記の実施例と同様の構成とし、同様の工程で作製した。この比較例を測定したところ、図4に示すように、ヒステリシスが大きなR-H曲線となり、MRセンサとして応用できないことが判った。

【0043】続いて、図5に、比較のために界面制御層を用いない通常のスピバルブ方式によるMR素子のR-H曲線を示す。

【0044】このMRセンサは、界面制御層を備えておらず、それ以外は上記の実施例と同様の構成とし、同様の工程で作製した。そして、この比較例の測定結果は、図5に示すように、ヒステリシスがないR-H曲線が得られた。しかし、この比較例は交換結合磁界が大きいために磁界感度が小さく、MRセンサとしての出力が小さいことが判った。

【0045】次に、第1の反強磁性層層としてFeMnを膜厚10nm、界面制御層としてAgを膜厚1nm用いたスピバルブ方式のMR素子を作製した。このMR素子の構成は、FeMn(10nm)/Ag(1nm)/NiFe(8nm)/Cu(2.5nm)/CoFe(3nm)/NiMn(30nm)ある。

【0046】FeMnの成膜には、合金ターゲットを用いたRFスパッタ法を用いた。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは100Wで行った。フリー磁性層の着磁工程以外は同様である。フリー磁性層の着磁工程として150℃で、磁界はトラック幅方向に50Oeで1分間の磁界中熱処理を施した。そして、このMR素子を測定した結果、ヒステリシスのない正常なR-H曲線が得られた。

【0047】次に、第1の反強磁性層として $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を膜厚30nm、界面制御層としてPbを膜厚2nm用いたスピバルブ方式のMR素子を作製した。このMR素子の構成は、 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(30nm)/Pb(2nm)/NiFe(8nm)/Cu(2.5nm)/CoFe(3nm)/NiMn(30nm)ある。

【0048】 $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の成膜には、焼結体ターゲットを用いたRFスパッタ法を用いた。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは200Wで行った。フリー磁性層の着磁工程以外は同様である。フリー磁性層の着磁工程として180℃で、磁界はトラック幅方向に50Oeで1分間の磁界中熱処理を施した。そして、このMR素子を測定した結果、ヒステリシスのない正常なR-H曲線が得られた。

【0049】次に、第1の反強磁性層層としてCr-Alを膜厚30nm、界面制御層としてCrO<sub>2</sub>を膜厚3nm用いたスピバルブ方式のMR素子を作製した。こ

のMR素子の構成はCr-Al(30nm)/CrO<sub>2</sub>(3nm)/NiFe(8nm)/Cu(2.5nm)/CoFe(3nm)/NiMn(30nm)ある。

【0050】Cr-Alの成膜には、合金ターゲットを用いたRFスパッタ法を用いた。スパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは100Wで行った。フリー磁性層の着磁工程以外は同様である。フリー磁性層の着磁工程として220℃で、磁界はトラック幅方向に50Oeで1分間の磁界中熱処理を施した。そして、このMR素子を測定した結果、ヒステリシスのない正常なR-H曲線が得られた。

【0051】次に、バイアス強磁性層としてCoPtを膜厚10nm、界面制御層としてCoOを膜厚2nm用いたスピバルブ方式のMR素子を作製した。このMR素子の構成は、CoPt(10nm)/CoO(2nm)/NiFe(8nm)/Cu(2.5nm)/CoFe(3nm)/NiMn(30nm)ある。

【0052】CoPtの成膜には、合金ターゲットを用いたDCマグネトロンスパッタ法を用いた。この場合のスパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは100Wで行った。フリー磁性層の着磁工程以外は同様である。フリー磁性層の着磁工程として室温で、磁界はトラック幅方向に5kOeで1分間着磁処理を行った。そして、このMR素子を測定した結果、ヒステリシスのない正常なR-H曲線が得られた。

【0053】次に、バイアス強磁性層層としてCoCrPtを膜厚10nm、界面制御層としてAuを膜厚1nm用いたスピバルブ方式のMR素子を作製した。このMR素子の構成は、CoCrPt(10nm)/Au(2nm)/NiFe(8nm)/Cu(2.5nm)/CoFe(3nm)/NiMn(30nm)ある。

【0054】CoCrPtの成膜には、合金ターゲットを用いたDCマグネトロンスパッタ法を用いた。この場合のスパッタガスはArとし、ガス圧は0.3Pa、投入パワーは100Wで行った。フリー磁性層の着磁工程以外は同様である。フリー磁性層の着磁工程として室温で、磁界はトラック幅方向に3kOeで1分間着磁処理を行った。そして、このMR素子を測定した結果、ヒステリシスのない正常なR-H曲線が得られた。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明の製造方法を適用することにより、熱安定性が高く、磁界測定時のノイズの小さく、再生出力の大きなMRセンサを実現でき、また、これを用いた磁気記録システムを提供できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗効果(MR)センサの一実施の形態を示す部分断面図である。

【図2】従来のMRセンサの一例を示す部分断面図である。

11

12

【図 3】本発明のMRセンサの磁気抵抗-磁界特性（R-H曲線）を示す図である。

【図 4】比較例のR-H曲線を示す図である。

【図 5】別の比較例のR-H曲線を示す図である。

【符号の説明】

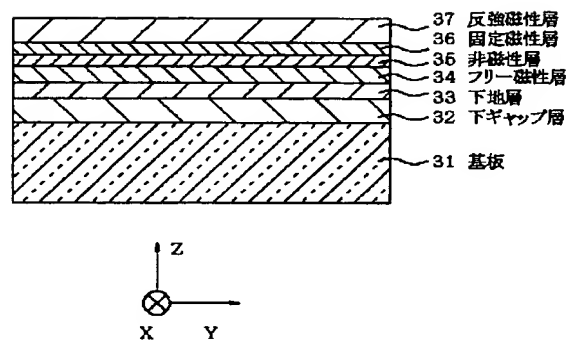
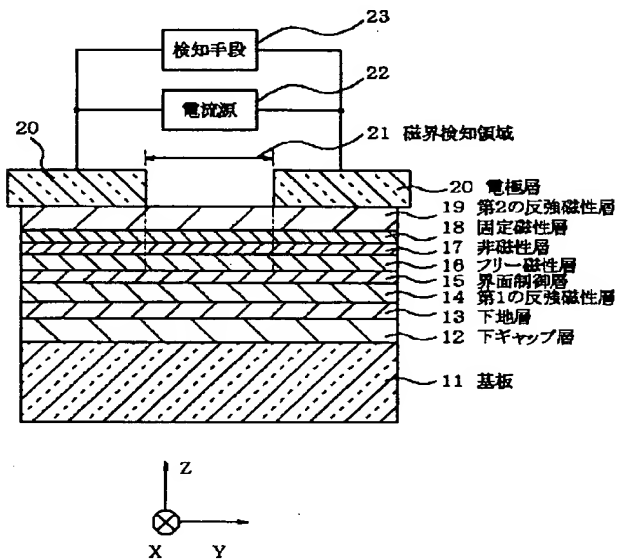
- 11, 31 基板  
12, 32 下ギャップ層  
13, 33 下地層  
14 第1の反強磁性層  
15 界面制御層

- 16, 34 フリー磁性層  
17, 35 非磁性層  
18, 36 固定磁性層  
19 第2の反強磁性層  
20 電極層  
21 磁界検知領域  
22 電流源  
23 検知手段  
37 反強磁性層

10

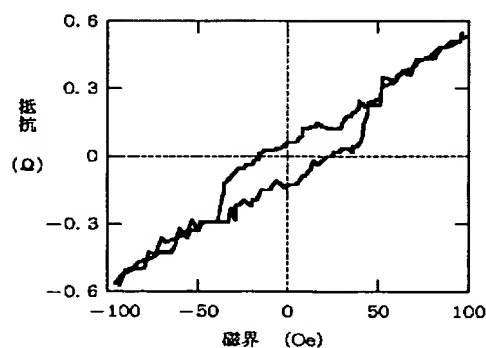
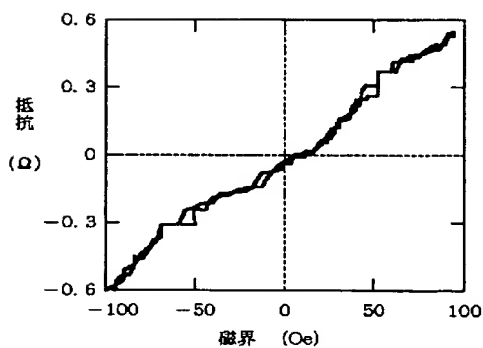
【図 1】

【図 2】



【図 3】

【図 4】



【図 5】

